

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Cyklistický vozík na zavazadla
Cycling Baggage Cart

Student:

Jakub Mokroš

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Hrudíčková Milena, Ph.D.

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, же Высoкá школа ба́ньскá – Техни́кá универзи́та Острава (да́ле жеи „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было сjeднáно, же с VŠB-TUO, в пpипаде́ зáјму з její strany, uzavру licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было сjeднáно, же užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, же odevздáніі své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jakub Mokroš

Adresa trvalého pobytu autora práce: Rolnická 27, Opava, 747 05

Anotace bakalářské práce

MOKROŠ, J. *Cyklistický vozík za kolo: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 38 s. Vedoucí práce: Ing. Hrudíčková Milena, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá tématem přívěsný vozík za kolo. Teoretická část je zaměřena na rozdělení vozíků. Následuje rešerše, která hodnotí vozíky na převoz materiálu na trhu. Dále se věnuje požadavkům na provedení vozíku, zjištění minimálních rozměrů těchto přívěsů a připojení vozíku k jízdnímu kolu. Další část se věnuje návrhům vozíku na papír, poté v grafických programech a reálnému modelu. Závěr bakalářské práce patří popisu konstrukce přívěsu a výpočtům.

Annotation of Bachelor's Thesis

MOKROŠ, J. *Cycling Baggage Cart: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 38 s. Thesis head: Ing. Hrudíčková Milena, Ph.D.

The bachelor thesis deals with a bike trailer. The theoretical part focuses on the distribution of truck, then to search the truck to transport material on the market. Also discusses the requirements for the implementation of the trolley, on which the minimum dimensions of trailers and truck access to the bike. In the next section, is engaged in wheelchair design on paper, then in graphics programs and a real model. Conclusion The thesis includes a description of the trailer construction and calculations.

Poděkování

Děkuji paní Ing. Mileně Hrudíčkové, Ph.D., a MgA. Petru Neničkovi za velmi užitečnou a odbornou pomoc, kterou mi poskytli při zpracování mé bakalářské práce.

Seznam použitých symbolů a zkratk

d	průměr	mm
g	gravitační zrychlení	m.s^{-2}
k_s	statická bezpečnost	-
l, l_1	délkové parametry	mm
m	hmotnost	kg
n	otáčky	s^{-1}
o	obvod	mm
p	exponent dle typu ložiska	-
v	rychlost	$\text{km.hod}^{-1}, \text{m.s}^{-1}$
D, V, \check{S}	délkové rozměry	mm
F, F_1, F_2, Fr	síla	N
L, L_{10}	trvanlivost	hod.
M_o	ohybový moment	N.mm
P	ekvivalentní zatížení ložiska	N
R_a, R_b	reakce sil	N
Re	mez kluzu v tahu (tlaku)	MPa
W_o	modul odporu průřezu v ohybu	mm^3
X, Y	součinitele zatížení ložiska	-
π	Ludolfovo číslo	-
σ_o	napětí v ohybu	MPa

Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Rešerše - Rozdělení	10
2.1	Dle nákladu	10
2.2	Dle počtu stop	12
2.3	Rešerše	13
3.	Požadavky na provedení.....	16
4.	Využití prostoru přívěsného vozíku za kolo	17
5.	Připojení vozíku za kolo	19
6.	Návrh koncepce řešení	21
7.	Výběr nejlepší varianty.....	25
8.	Vizualizace v grafických programech	26
8.1	Model v programu Rhinoceros 4 (10).....	26
8.2	Model v programu CATIA 5.....	27
8.3	Model v programu Autodesk Inventor 2010	28
8.4	Reálný model	29
9.	Konstrukční řešení	31
9.1	Otevírání vozíku	31
10.	Pevnostní výpočty	33
10.1	Pevnostní kontrola osy	33
10.2	Výpočet ložisek kol.....	34
11.	Závěr	36
12.	Seznam použité literatury.....	38
13.	Seznam příloh	38

1. Úvod

Tato práce Vám má poskytnout informace, které se týkají tématu přívěsného vozíku za kolo. Téma bylo vybráno z důvodu nedostatečného výběru těchto vozíků na trhu. V posledních několika letech dochází k popularizaci cyklistiky, čím dál více lidí používá svůj bicykl nejen jako dopravní prostředek na krátké vzdálenosti, např. do práce, ale také přibývá nadšených cestovatelů, kteří se odváží na cesty, které mohou trvat i několik dní. Tím také narůstá poptávka po veškerém cyklistickém vybavení, a zároveň jsou na zboží kladeny větší požadavky. A to nejen z estetického hlediska, ale především z hlediska funkčnosti a praktičnosti.

Dnes se převážně setkáváme s vozíky na přepravu dětí, které mají umístění pro sedačku, místo pro nohy a je více kladen důraz na bezpečnost a pohodlí dítěte, než na objem přepravovaného materiálu. Proto jsou většinou nevhodné pro přepravu například stanu a spacích pytlů a dalšího potřebného vybavení při delších cyklistických výletech.

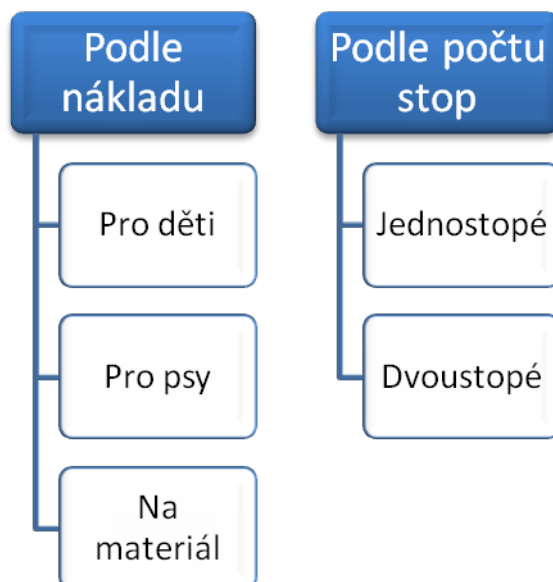
Cílem práce bylo navrhnout moderní a plně funkční vozík za kolo, který by splňoval veškeré požadavky zákazníků na trhu. Zároveň by tento přívěs měl skloubit výhody současných vozíků a pokusit se odstranit jejich nevýhody.

K zadaným cílům práce byly doplněny podmínky, které by měl vozík za kolo splňovat. Ochrana nákladu byla první a hlavní podmínka, kterou bylo nutno vyřešit. Dalším aspektem práce bylo navrhnout nejvhodnější připojení vozíku k jízdnímu kolu. Problém s ovladatelností a stabilitou se přímo týká konstrukce vozíku. Bylo nutné se rozhodnout, zda bude přívěs jedno, nebo vícestopý. V neposlední řadě se práce zaměřila na podmínku možnosti ochrany materiálu a samotného vozíku před odcizením.

V závěru práce byly shrnuty informace z jednotlivých kapitol a postup při plnění zadaných cílů.

2. Rešerše - Rozdělení

Vozíky můžeme rozdělit:



2.1 Dle nákladu

Pro děti

Nejdůležitější vlastností vozíků pro děti je ochrana pasažéra, proto jsou vybaveny sedačkou, která je velmi podobná autosedačce. Dále by měly chránit před nepříznivým počasím. Tyto vozíky se vyrábějí v provedení pro jedno nebo dvě děti (obr. 2.1 a 2.2).



Obr. 2.1 Vozík firmy Azub (1)



Obr. 2.2 Vozík Kiddy Van 101 plus (1)

Pro psy

Vozíky pro psy jsou velmi podobné vozíkům pro děti (obr. 2.3). Vyrábějí se se stejnou nosnou konstrukcí, ale nástavba je mírně odlišná. V těchto vozících není zakomponována sedačka, jelikož je nepředstavitelné připoutávat domácího mazlíčka.



Obr. 2.3 Vozík firmy The Roof Box Company (2)

Na materiál

Liší se od předchozích modelů tím, že u nich není kladen takový důraz na bezpečnost přepravovaných předmětů (obr. 2.4). Dalším rozdílem je vzhled, velikost a některé prvky konstrukce. Jejich využití není tak časté jako přepravování dětí. Dle mého názoru je to tím, že lidé nevědí, že takovéto vozíky existují.



Obr. 2.4 Vozík Nomad firmy Burley (1)

2.2 Dle počtu stop

Jednostopé

Vyznačují se tím, že mají pouze jedno kolo (vozíky, které by měly více kol v jedné řadě, se nevyrábějí) (obr. 2.5). Nevýhodou těchto vozíků je nutnost dobře rozložit náklad, aby nedošlo k překlopení vozíku. Další nevýhodou je nemožnost prudce zatočit, jeho konstrukce je také mnohem delší. Naopak výhodou je menší jízdní odpor.



Obr. 2.5 Vozík Tout – Terrain single trailer (1)

Dvoustopé

Více než dvoustopé vozíky se nevyrábějí (když nebereme v úvahu pomocné kolečko, které se využívá pouze, pokud vozík užíváme jako sportovní kočárek). Tyto vozíky (obr. 2.6) jsou mnohem stabilnější než jednostopé vozíky. Náklad nemusíme rovnoměrně



rozložit. Jejich uchycení ke kolu je jednodušší než u předchozího typu a k uchycení stačí jen jedna oj. Nevýhodou je složitější konstrukce a tím i větší hmotnost. Díky dvěma kolům mají větší jízdní odpor.

Obr. 2.6 Nákladní vozík Croozer Cargo (1)

2.3 Rešerše

Vozík Croozer Cargo

Nákladní vozík Croozer Cargo (obr. 2.7) je výrobek kanadské firmy Chariot Carriers. Tento přívěs má nosnost 35 kg. Trubková konstrukce je vyrobená z oceli a spojovaná sponami a závlačkami. Konstrukce je potažena nylonovým potahem. Rozměry vozíku jsou



Obr. 2.7 Nákladní vozík Croozer Cargo (1)

85 x 67 x 56 cm [D x V x Š], váha 10,5 kg a velikost kol 16 palců, jako u všech ostatních typů. Na tomto vozíku se mi nejvíce líbí jeho složitelnost a jednoduchost konstrukce.

M-Wave Vozík za kolo nákladní

Tento vozík (obr. 2.8) je obdobou předchozího modelu. Opět trubková ocelová konstrukce, tentokrát spojená závlačkami a nýty. Chybí jakýkoliv potah na ochranu materiálu. I tato konstrukce se dá lehce složit. Vozík disponuje rozměry



Obr. 2.8 Vozík firmy M-Wave (3)

69 x 73 x 54 cm, maximální nosnost 40 kg. Tento vozík firmy M-Wave je totožný s vozíkem Azub nákladní české firmy Azub.

BURLEY Nomad

Vozík Noman (obr. 2.9) je výrobek americké Burley Design Cooperative. Trubková konstrukce je zde ze slitiny hliníku spojovaná pomocí čepů a šroubů. Vozík vyniká svou nosností 45 kg. V porovnání s předchozími má podobné rozměry, výrobce udává 83x68x58 cm. Jeho nosnou plochu lze zvětšit přidáním nosiče. Tento vozík se mi líbí díky svému neobvyklému vzhledu, velkému sortimentu přídatného vybavení a možnostmi uspořádání. Menší nevýhodou může být cena, která v současnosti dosahuje 9 000 Kč, a to bez nosiče.



Obr. 2.9 Vozík Nomad firmy Burley (1)

SINGLE TRACK

Přívěš firmy M-Wave, který jsem si vybral do rešerše, je jednostopý (obr. 2.10). Tento výrobek má zajímavé uchycení za osu zadního kola, to má své výhody i nevýhody. Jako hlavní výhodu bych uvedl, že vozík se po pevném spojení chová úplně stejně jako jízdní kolo, za které je připojen, „stane se jeho součástí“. To však je i hlavní nevýhoda, při převrácení kola se vozík také překlápí. Nosnost je 40 kg. U tohoto výrobce dostanete i voděodolnou přepravní tašku, u jiných výrobců si ji musíte dokoupit.



Obr. 2.10 Vozík Single track firmy M-wave (4)

WEBER Monoporter

Německý výrobce Weber má na trhu několik vozíků za kolo. Produkt Monoporter (obr. 2.11) je určen speciálně pro dálkové jezdce. Jako jediný nabízený má odpružení kola. Toto odpružení má zamezit přenášení vibrací z kola vozíku na rám. Pouze firma Weber připojuje své vozíky



Obr. 2.11 Vozík Monoporter firmy Weber (1)

pomocí důmyslného bajonetového zámku. Nevýhodou tohoto modelu je jeho maximální nosnost, která činí „pouze“ 25 kg. Což mi připadá hodně omezující, vzhledem k jeho účelu. Další nevýhodou je příliš vysoká cena a nutnost dokoupit drahé originální příslušenství, jako přepravní nepromokavou brašnu nebo pásy na přichycení brašny k vozíku.

Croozer TRAVEL



Obr. 2.12 Vozík Croozer Travel (1)

Přívěs Travel od firmy Croozer (obr. 2.12) je podle slov výrobce speciálně navržen jako vozík lehce složitelný a přepravitelný. Největším lákadlem je velmi nízko položené těžiště, které má zajistit stabilitu za všech okolností.

K ochraně nákladu je zde jen velmi nízký obvodový rám, což považuji za nedostatečné. Dle mého názoru, je vozík vhodný na přepravu větších předmětů na kratší trasy, kdy nevadí omezení rychlosti jízdy kvůli nedostatečné ochraně nákladu (může snadno vypadnout). Produkt je vybaven bezpečnostním praporkem a tažnou tyčí, která je opatřena dvěma čepý. Nosnost je 45 kg a váha samotného vozíku pouze 8 kg. Rozměry 91 x 61 x 40 cm [D x Š x V].

Roland Mini-boy

Anglická firma Roland nabízí naprosto jiný přístup k tvorbě vozíků, než ostatní firmy na trhu. Model Mini-boy (obr. 2.13) je dle výrobce malý zázrak pro různé potřeby. Spíše bych ho klasifikoval jako přepravku na kolečkách. Uchycení je za sedlovou tyč, což není vhodné kvůli nemožnosti využití nosiče. Kola jsou příliš malá, vyrobená z plastu.



Obr. 2.13 Vozík Roland firmy Roland (5)

3. Požadavky na provedení

Přívěsný vozík je určen k přepravě věcí při vícedenních výletech na kole. Je určen pro všechny osoby věnující se cyklistice.

Vozík by měl splňovat tyto podmínky:

- chránit materiál před vlivy okolí
- umožňovat jednoduché a pevné připojení k jakémukoliv typu jízdního kola
- mít dobrou ovladatelnost a stabilitu
- umožňovat zabezpečení proti krádeži nebo vykradení.

Většina vozíků, které jsou dostupné na našem i zahraničním trhu, mohou být lehce složité, protože jsou vyrobeny z trubkové konstrukce a plátěného potahu, který zabraňuje promočení nákladu v případě deště. Trubkové konstrukce bývají spojeny pomocí jednoduchých spon se závlačkou, nýty, šroubky nebo čepy. Tyto systémy sice zaručují velice snadně rozebratelnou konstrukci, která ale bývá náchylná na zničení, či ztrátu těchto spojovacích členů.

K připojení ke kolu se dnes používají dva různé principy. První je založený na mechanismu závlačky, kdy je čep zasunut do trubky a zajištěn závlačkou. Navíc se celý systém jistí pojistným popruhem. Druhý je bajonetový zámek. Ten je jednodušší na upínání. Není potřeba dalších dílů, jako je závlačka. I ten lze opatřit pojistným popruhem.

Všechny dnes nabízené vozíky nemají úplnou ochranu převáženého nákladu. Potah nedokáže ochránit náklad před nárazem při případném překlopení vozíku a vozíky bez potahu nedokážou ochránit náklad ani před odlétávajícími kamínky od zadního kola bicyklu, ani před nepřízní počasí. Žádný z vozíků zmiňovaných v této práci neochrání náklad před odcizením, protože na vozících chybí možnost uzamčení vozíku ke kolu a uzamčení vozíku samotného. To lze považovat za velkou nevýhodu, pokud by měl vozík zůstat mimo dosah očí po delší dobu.

4. Využití prostoru přívěsného vozíku za kolo

Tento vozík je koncipován jako vozidlo sloužící pro přepravu nákladu na delší vzdálenosti, tedy jako úložný prostor na delší cyklistické cesty, trvající více než jeden den. Z tohoto důvodu je prostor vozíku navržen pro tyto účely tak, aby se do něj vešlo vše potřebné k přenocování v přírodě pro 2 osoby.

Jako první prvek jsem zvolil stan, který je určen pro 4 osoby, protože stan pro dva je příliš malý. Dvě osoby se do něj sice vejdou, ale již není kam umístit ostatní potřebné věci, jako je jídlo nebo oblečení. Proto by měl 4 místný stan poskytnout dostatečné pohodlí pro 2 osoby.

Druhým prvkem ve vozíku jsou spací pytle. Zde jsem nepočítal se starými dekovými, jejichž objem, který zabírají i složené, je příliš velký. V úvahu přicházejí současné spací pytle. U těchto můžeme uvažovat o částečné stlačitelnosti a přizpůsobivosti tvaru, ale pro demonstraci jsem zvolil jako tvar, pevný váleček.

Tím největším, co by se to do vozíku mělo vejít, jsou pěnové karimatky. Lepší variantou pro jakoukoli přepravu jsou mnohem skladnější alumatky (obr. 4.1) (PE fólie s reflexní Alu vrstvou), ty však neposkytují takové pohodlí, protože nejsou měkké, jen člověka odizolují od chladné země. Nejlepším řešením jsou nafukovací karimatky (obr. 4.2). Ty zabírají jen o něco málo více místa než alumatky, ale poskytují větší pohodlí než pěnové karimatky.

Na ostatní vybavení, jako je oblečení a jídlo, zbyla ještě více jak polovina vozíku. V demonstračním zobrazení s těmito věcmi nepočítám, protože jejich velikosti jsou individuální. Pokud by se i tak nevešly do vozíku, je možné je ještě přepravit v brašnách na nosiči kola. Ten se dá využít v případě připojení vozíku k zadní vidlici jízdního kola, nebo připojení za nosič jízdního kola, který je však dostupný jen pro některé vozíky firmy Weber. V případě připojení za sedlovou tyč je tento prostor narušen ojí vozíku.



Obr. 4.1 Alumatka (9)



Obr. 4.2 nafukovací karimatka (9)

Rozměry zabalených věcí (obr. 4.3):

Karimatka pěnová: Ø 18 x 57 cm

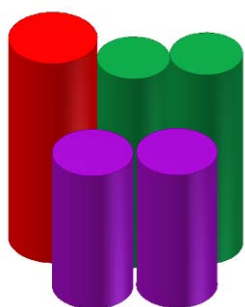
Alumatka : Ø 10 cm x 25 cm

Karimatka nafukovací: Ø 13 x 27 cm

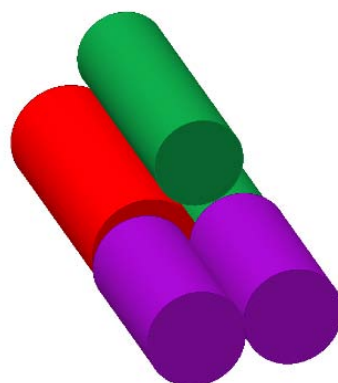
Spací pytel: Ø 20 x 40 cm

Stan pro 4 osoby: Ø 22 x 60 cm

Pro tyto rozměry jsem zvolil kombinaci uspořádání v budoucím přívěsu (obr. 4.4). Poté jsem pomocí programu Autodesk Inventor vymodeloval všechny komponenty nákladu. V uvažovaném uložení jsem je obrýsoval kvádrem který má představovat minimální obsah vozíku. Uvnitř kvádrů jsem také počítal s místem pro ostatní materiál. Výsledný kvádr má rozměry 100 x 50 x 60 [D x Š x V] (obr. 4.5).



Obr. 4.3 Zabalený materiál

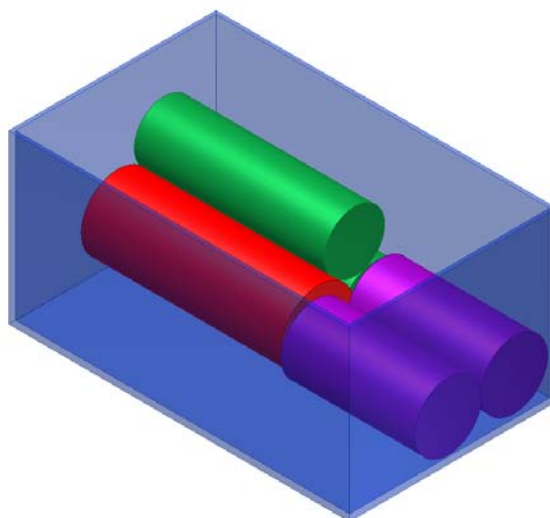


Obr. 4.4 Ustavený materiál

Fialová – spací pytel

Červená – stan

Zelená – pěnová karimatka



Obr. 4.5 Výsledný kvádr

5. Připojení vozíku za kolo

Připojení vozíku je možné provést ke dvěma místům na kole:

Za sedlovou tyč (obr. 5.1) - toto připojení je nevhodné z důvodu omezení využití prostoru zadního nosiče.



Obr. 5.1 Uchycení za sedlovou tyč firmy Weber (6)

Za zadní vidlici (obr. 5.2 a 5.3) - toto uchycení je mnohem praktičtější než předchozí varianta, nikterak nenabourává potřebné místo na kole. Jeho nevýhodou je složitější odpojení/připojení. K tomuto řešení se přiklání většina firem vyrábějící vozíky. Také připojovací mechanismus je u většiny výrobců podobný.



Obr. 5.2 Úchyt za zadní vidlici firmy Azub (8)



Obr. 5.3 Uchycení vozíku Fantastic (9)

Jako nejlepší řešení mi připadá připojení pomocí bajonetového zámku (obr. 5.4). Je mnohem rychlejší a praktičtější, než předchozí zmíněný způsob. Na bajonetový zámek se dá snadno umístit i visací zámek, a tím se dá zajistit ochrana vozíku proti krádeži.



Obr. 5.4 Bajonet firmy Weber (6)

Připojení za nosič (obr. 5.5 až 5.7) - firma Weber jako jediná nabízí připojení ke speciálnímu nástavci na nosič. Tím spojuje výhody obou předchozích řešení. Řeší problém s využitím prostoru nosiče, a také nutnost sehnutí člověka při odpojení vozíku od kola. K tomuto připojení je však nutný jiný úchyt vozíku, který nelze na všech konstrukcích realizovat.



Obr. 5.5 Nástavec na nosič(6)



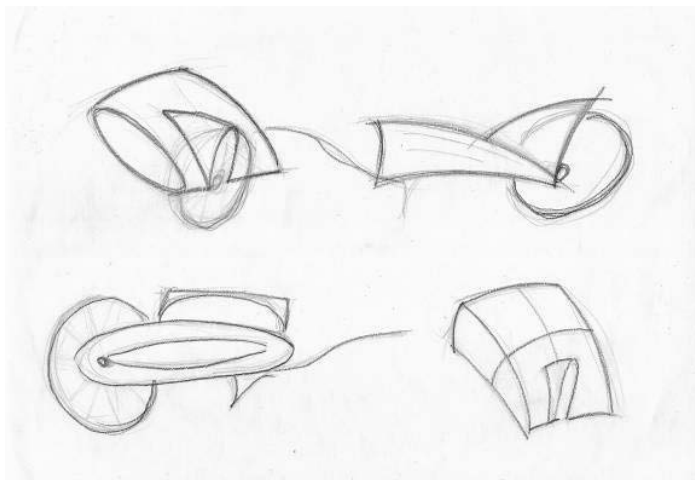
Obr. 5.6 Montáž (6)



Obr. 5.7 Připevnění vozíku (6)

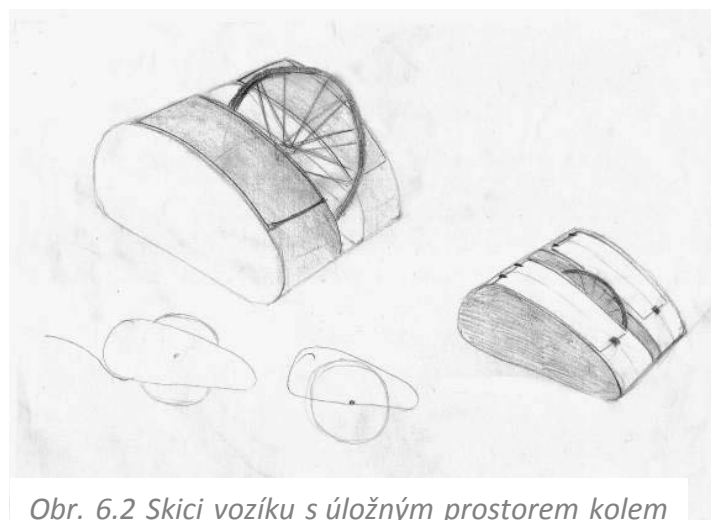
6. Návrh koncepce řešení

Nejprve jsem navrhoval konstrukci s pouze jedním kolem, která vycházela z legendárního vozíku Jawa PAV-40 (obr. 6.1), tento vozík by měl oproti svému předchůdci větší 16-ti palcové kolo, které je standardem pro cyklistické vozíky. Tento vozík však neměl dostatek úložného prostoru, jelikož byl narušen jeho kolem.



Obr. 6.1 Skici vozíku dle vzoru Jawa PAV-40

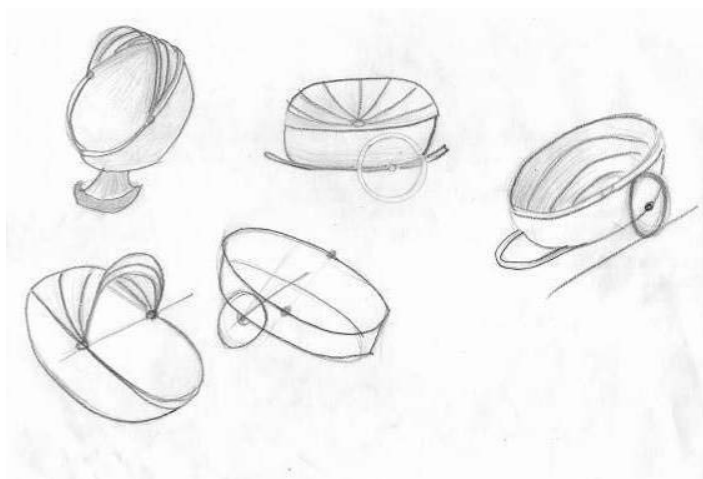
Další řešení bylo neobvyklé svým úložným prostorem kolem kola (obr. 6.2). Tento přívěs by však byl příliš choulostivý na vyvážení. Je zde nutné umístit stejnou váhu na obě strany kola, aby nedocházelo k převažování na jednu stranu. Toto převážení by hodně ovlivnilo jízdní vlastnosti vozíku i kola. Rozdělení prostoru na dva menší není v hodné, není kde umístit větší materiál. Proto jsem od tohoto řešení upustil.



Obr. 6.2 Skici vozíku s úložným prostorem kolem

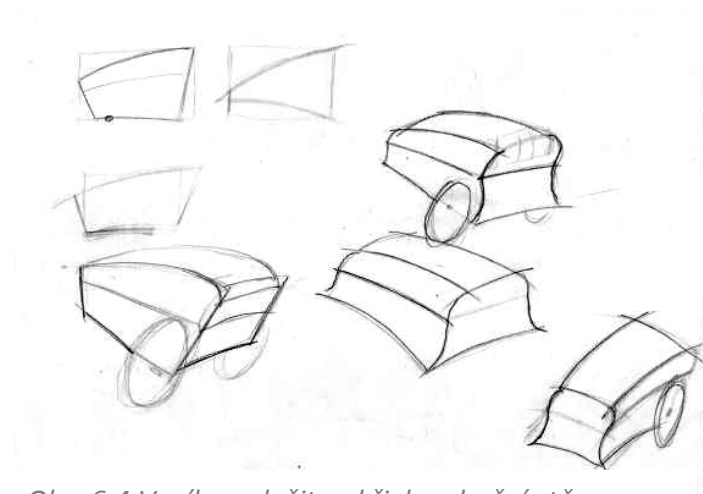
Po zvážení všech výhod a negativ jednostopých přívěsů jsem se přiklonil k návrhu přívěsu dvoustopého, kde odpadají problémy s vyvážeností a narušením úložného prostoru kolem.

Tento dvoustopý vozík organického tvaru (vajíčko) (obr. 6.3) vychází z koncepce dětských sedaček Egg společnosti IKEA. Celé víko tvoří stahovatelná roleta, která se dá odejmout. Oválný tvar však není nejlepší řešení z pohledu využitelnosti prostoru. Řešení víka také není optimální z důvodu tvaru vozíku.



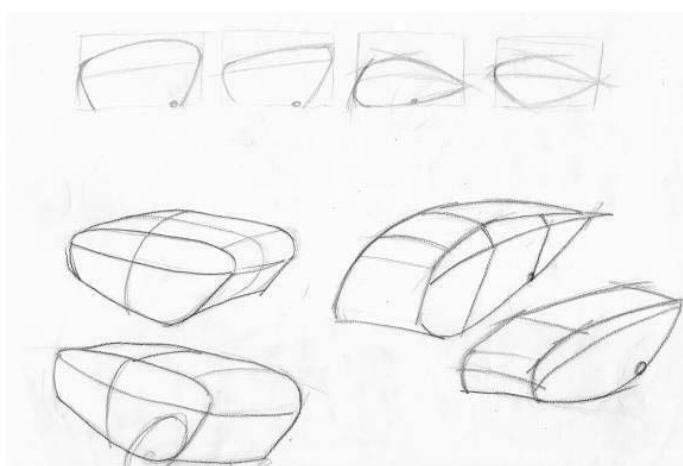
Obr. 6.3 Dvoustopý vozík organického tvaru

Po opuštění organických tvarů jsem začal uvažovat nad konceptem jednoduchých linií. Jen několik ploch, které by svými průřezíky vytvořily elegantní a přitom sportovní linie vozíku. Vozík na obrázku 6.4 má však boční křivku vozíku až příliš složitou. Ta poté dodává vozíku nevhodný vzhled připomínající rakev.



Obr. 6.4 Vozík se složitou křivkou boční stěny

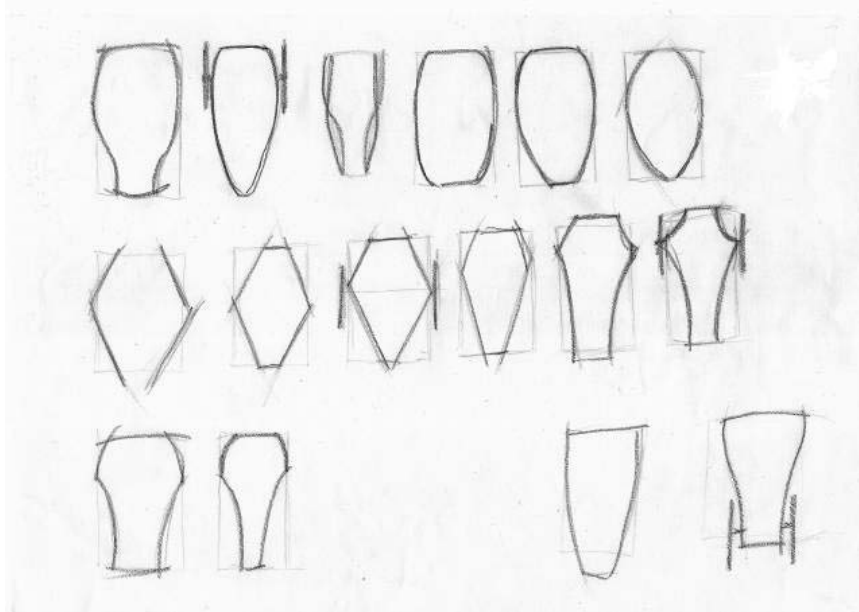
Na obrázku vpravo je koncept tvaru padající kapky (obr. 6.5). Boční rovná strana vozíku však nerespektovala horní zakulacený obrys. Proto byl lepší návrh vlevo, který byl vytvořen zakulacením bočních, přední i zadní strany. Dále bylo změněno umístění podvozku vozíku na opačnou stranu.



Obr. 6.5 Padající kapka

Tvarová studie – půdorys

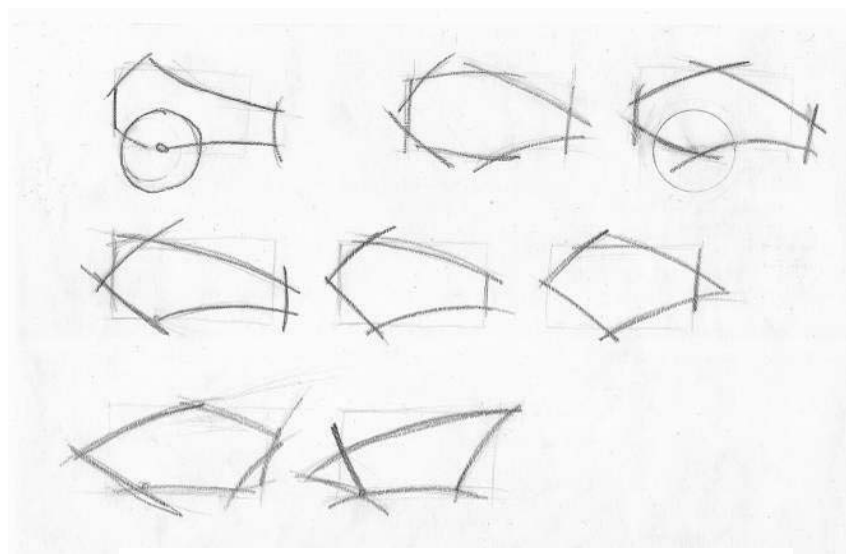
V této studii jsem se snažil najít optimální tvar vozíku z půdorysu (obr. 6.6). Vycházel jsem z tvaru mé nejlepší navržené varianty. V prvním řádku jsem se snažil o tvary zakulacené, v dalších o tvary s určitou hranou, buď v místě umístění osy kol, nebo mírně před ní.



Obr. 6.6 Návrh půdorysu

Tvarová studie – boční pohled

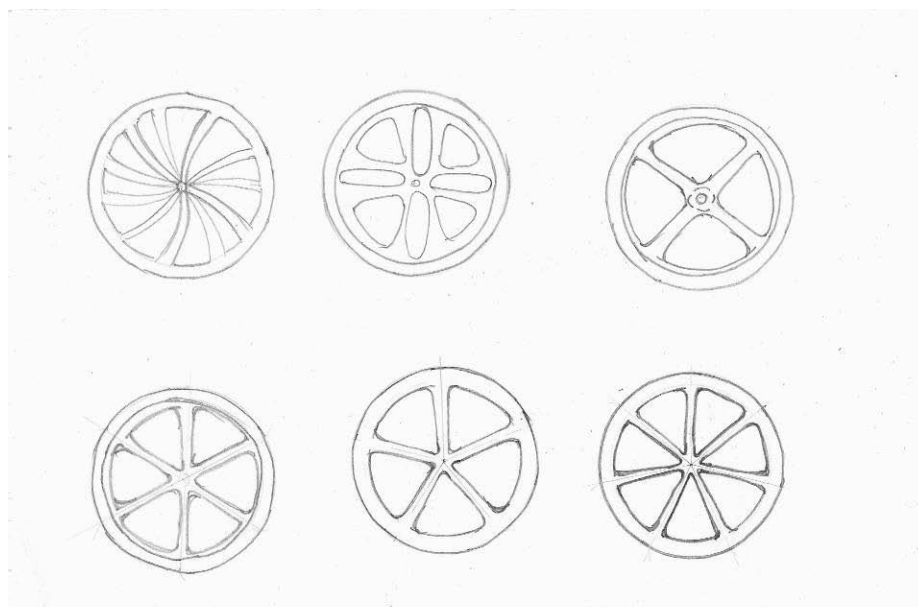
Zde jsou mé návrhy tvaru z bočního pohledu (obr. 6.7). Snažil jsem se o kombinaci několika jednoduchých křivek, většinou se jednalo o oblouky.



Obr. 6.7 Návrh bočního tvaru

Návrh kol vozíku

Po rozhodnutí neumístit na vozík kola drátěná, tedy se špicemi, ale kola loukoťová, vyvstala otázka, jak by měla kola vypadat. Proto jsem udělal několik návrhů, ze kterých jsem vybral ten nejlepší. Jako zásadní se ukázal být počet prvků v kole. Liché počty se zdají být lepší, hezčí a přirozenější než počty sudé. Zřejmě je to zapříčiněno pravidlem Zlatého řezu, který se vyskytuje například i u pravidelného pětiúhelníku.



Obr. 6.8 Skici kol (kola 1 až 6, zleva)

Proto bylo vybráno kolo č. 5 (obr. 6.8 dole uprostřed a 6.9). Kolo má 5 prvků, což je optimální. Pouze 3 prvky je příliš málo z hlediska tuhosti a únosnosti ráfku, kolo působí prázdným dojmem. Sedm prvků je naopak již mnoho a kolo je zbytečně zaplněno.



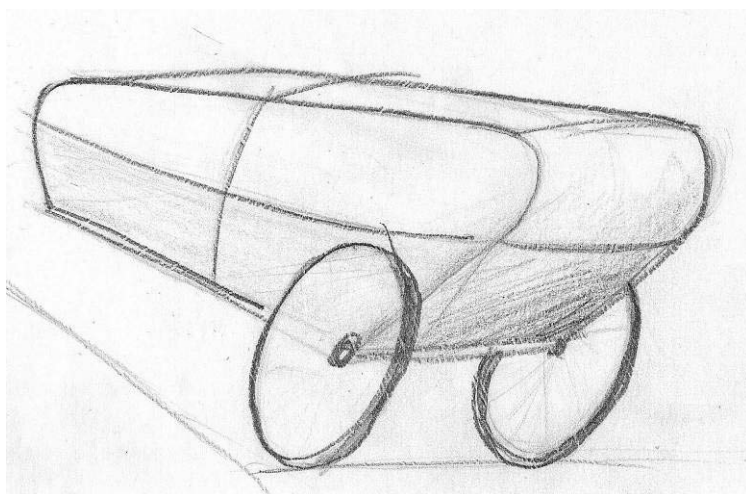
Obr. 6.9 Renderovaná kola z programu Rhinoceros 4.0

7. Výběr nejlepší varianty

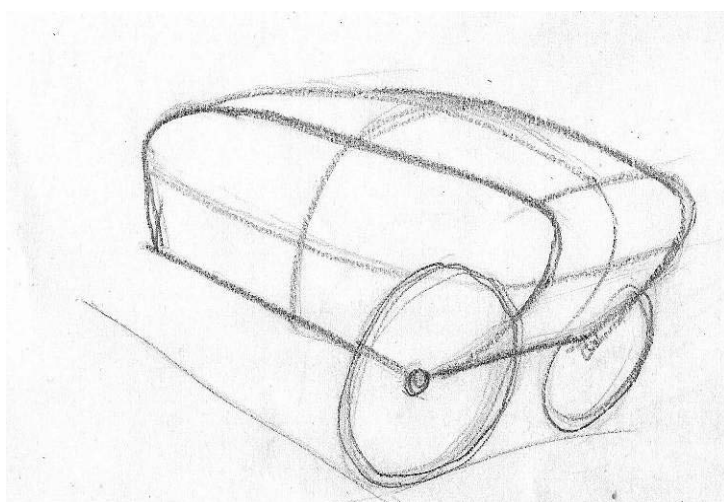
Ke konečné variantě (obr. 7.1 a 7.2) jsem dospěl postupným návrhem a vyřazováním jednotlivých předešlých variant s přihlédnutím na určitá hlediska jako vzhled, využitelnost tvaru, dobrá ovladatelnost a praktičnost. První navrhované vozíky byly jednostopé. Jejich hlavní nevýhoda spočívala v nutnosti vozík s nákladem před jízdou vyvážit, aby nedošlo k převažování na jednu stranu. Proto jsem se rozhodl pro vozík dvoustopý. Otázkou zůstal tvar. U něj jsem se propracovával od složitých organických tvarů k čím dál jednodušším. Výsledný tvar je poskládán z křivek, které tvoří několik oblouků. K tomu mi také pomohla tvarová studie nárysu a půdorysu, které lze vidět na obrázcích 6.6 a 6.7.

Jako místo připojení vozíku k jízdnímu kolu jsem zvolil zadní vidlici, k tomuto rozhodnutí mě vedly výhody popsané v 5. kapitole. Vybral jsem připojení vozíku pomocí bajonetového zámku, který se mi zamlouvá nejvíce, díky své jednoduchosti, rychlosti upevnění a možnosti uzamčení pomocí visacího zámku. Pro svůj přívěs jsem použil bajonetový zámek firmy Weber.

Z návrhu kol vozíku jsem vybral kola s lichým počtem prvků, tedy s pěti. Vypadají lépe a přirozeněji, než kola se sudým počtem. Vybraná vyrenderovaná kola lze vidět na obrázku 6.9.



Obr. 7.1 Vybraná varianta



Obr. 7.2 Vybraná varianta

8. Vizualizace v grafických programech

8.1 Model v programu Rhinoceros 4

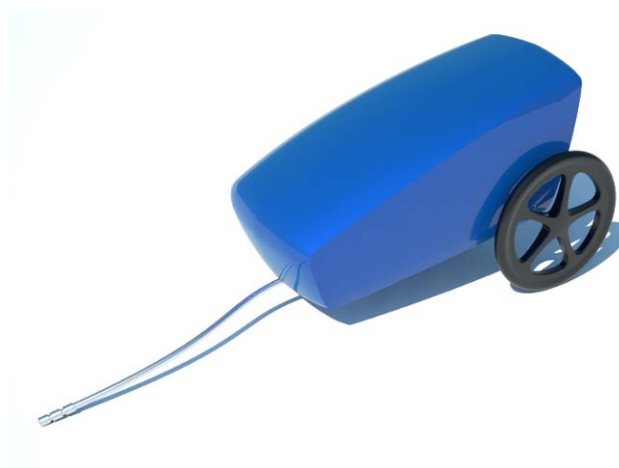


Obr. 8.1 První vizualizace vozíku

V programu Rhinoceros 4.0 jsem začal vytvářet model nejdříve. Základní křivky z tohoto programu poté posloužili jako základ i v ostatních CAD programech. V tomto programu bylo vytvořeno více návrhů. Obrázek č. 8.1 je první verze konečného tvaru vozíku. Zde jsem zvolil červenou barvu, která u tohoto dopravního prostředku hraje roli bezpečnostního prvku. Bohužel v této barevné variantě zanikají hrany, které dodávají vozíku jeho vzhled. V prvním vizualizaci jsou zobrazena klasická vyplétaná kola, která již jsou na obrázcích 8.2 a 8.3 nahrazena koly loukoťovými. Na těchto obrázcích také není zobrazen předěl mezi spodní částí vozíku a víkem. V reálu tento předěl vidět lze, avšak snažil jsem se o to, aby byl co nejméně výrazný.



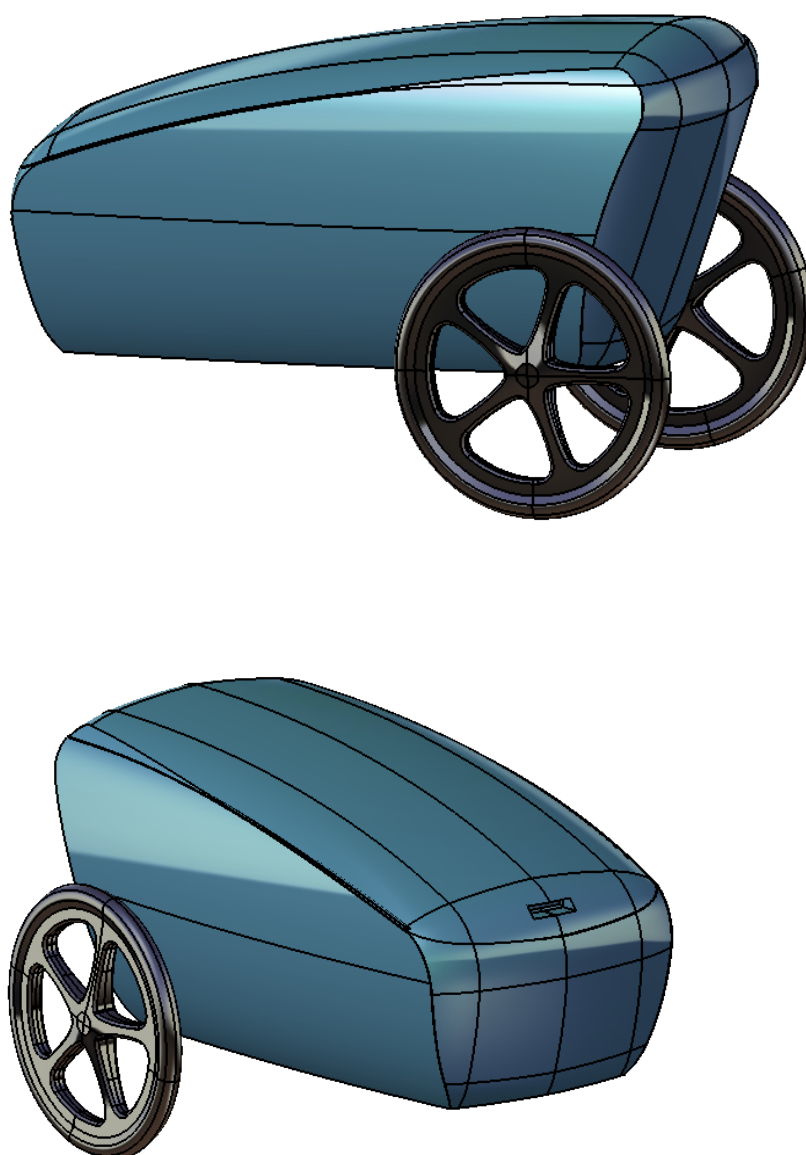
Obr. 8.2 Zelená varianta



Obr. 8.3 Modrá varianta

8.2 Model v programu CATIA 5

Tento model jsem vytvořil v programu CATIA 5 (obr. 8.4). Křivky jsem však importoval z programu Rhinoceros 4.0, přes formát IGS, který podporuje většina dnes používaných CAD i grafických programů. Základními křivkami je křivka obvodu vozíku, boční křivka a křivka horní, přední a zadní strany vozíku. Na tomto modelu již lze vidět konečný návrh kol vozíku a také úchyt na otvírání. V programu CATIA 5 jsem dále nepokračoval v modelování detailů vozíku, jako uchycení kol a osy vozíku, nebo tažné oje.

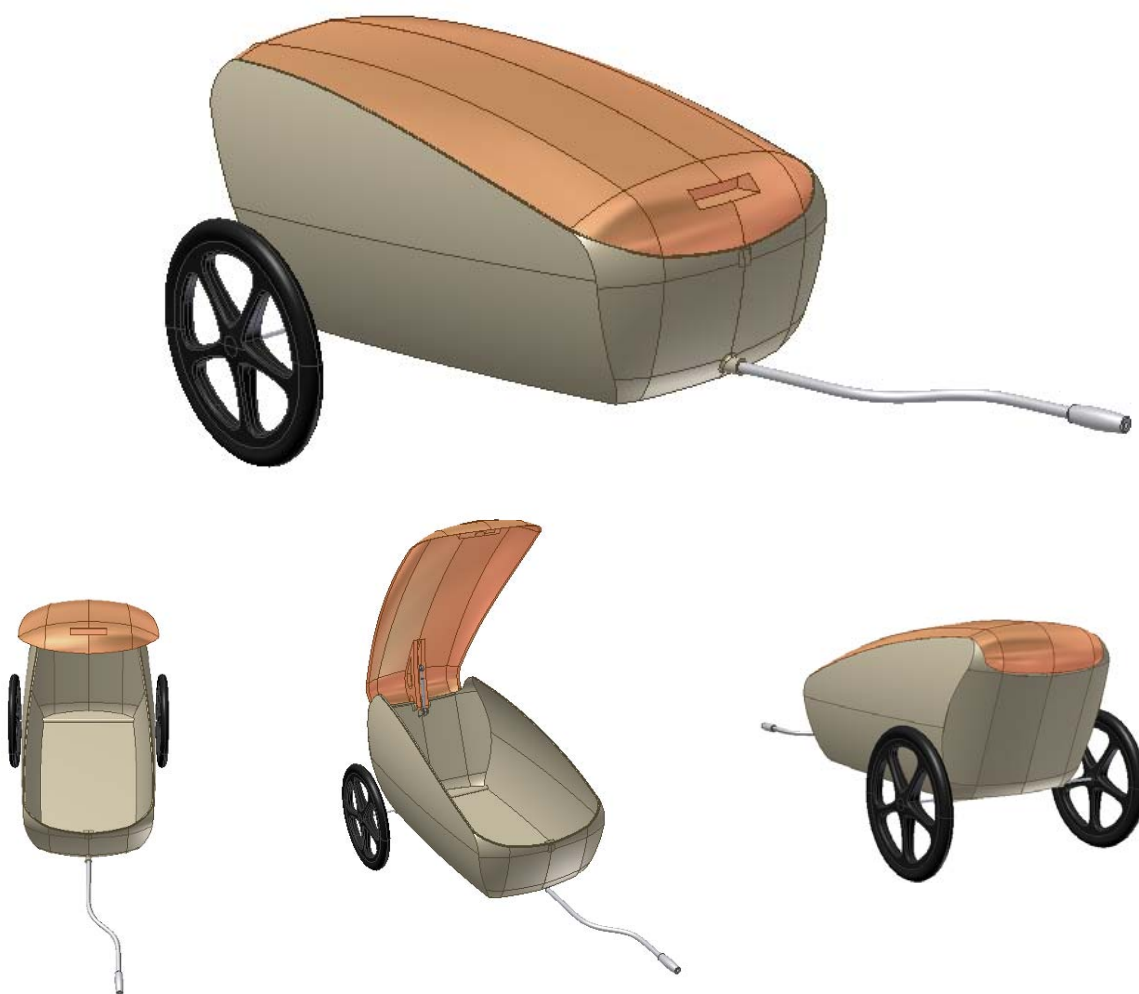


Obr. 8.4 Vizualizace z programu Catia 5

8.3 Model v programu Autodesk Inventor 2010

Modelování v programu Autodesk Inventor 2010 jsem opět začal přenesením základních křivek z programu Rhinoceros 4.0 přes formát IGS (obr. 8.5). V tomto programu jsem také hledal řešení otvírání vozíku. Vytvořil jsem jednotlivé varianty, a poté pomocí programu zkoušel, zda hrany přes sebe neprocházejí. Kola byla vložena také z programu Rhinoceros 4.0, avšak přes formát STP, který je vhodnější pokud jde již o hotové těleso.

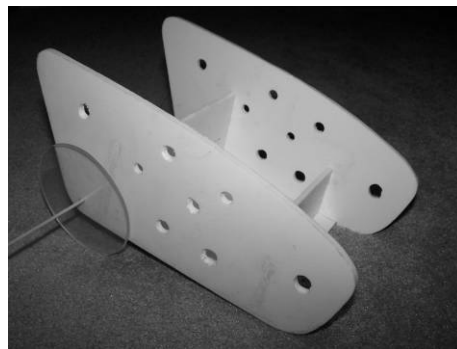
V programu Autodesk Inventor jsem se rozhodl udělat konečnou variantu řešení se všemi jejími prvky, jako systém otvírání, upevnění oje k vozíku, nebo prostor pro zámek. Proto jsou také tyto obrázky nejpodrobnější a poskytují nejvíce informací o podobě vozíku.



Obr. 8.5 Model z programu Autodesk Inventor 2010

8.4 Reálný model

Nejdříve bylo nutné vytvořit kostru celého vozíku, která poslouží jako nosný prvek pro nanesení modelářské hlíny. Kostru jsem vyrobil z tvrzené plastové desky (PS – polystyrén). Spojě jsem lepil pomocí ředidla, které naleptává povrch plastu a činí ho tak spojitelný s jiným povrchem. Provizorní kolečka jsou vyřezaná z plexiskla. Následovalo připevnění konstrukce k MDF desce (Medium Density Fibreboard - středně zhuštěná dřevovláknitá deska) pro lepší manipulaci a stabilitu při nanesení a následném upravování jemného šamotu. Ten jsem tvaroval pomocí dvou šablon vyřezaných z MPX desky a následně vyřezal a vybrousil podle papírové šablony.



Obr. 8.6 Kostra modelu z PS



Obr. 8.7 Šablony



Obr. 8.8 Konečný hliněný model

Dále bylo nutné vytvořit sádrovou formu pro vytvoření sádrového odlitku (obr. 8.9). Tuto blindku (jednorázová sádrová forma) jsem musel rozdělit na 5 částí z důvodu složitosti tvaru. Každou část jsem odléval zvlášť, aby nedošlo ke spojení jednotlivých dílů. Dále natřel plochy, které budou tvořit předěl mezi jednotlivými částmi, vodním sklem.

Do zhotovené blindky bylo postupně nalito několik vrstev sádry, aby se uvnitř vytvořil dutý odlitek (obr. 8.10). Ten pak byl připraven k závěrečnému broušení. Spodní sokl byl ponechán pro lepší stabilitu při opracovávání.



Obr. 8.9 Výroba blindky

Kola vozíku jsem nejdříve vymodeloval v programu Rhinoceros 4.0. Model jsem nechal vyrobit pomocí 3D frézky Roland (obr. 8.11). Ten posloužil jako forma, do které byl nalit silikonový kaučuk, který po zatvrdnutí vytvořil formu. Z důvodů lepší manipulace jsem pro tuto formu vytvořil sádrové lůžko. Do této konečné formy jsem začal



Obr. 8.10 Model vytažený z blindky

odlévat kola z epoxidu Biresin G26 (obr. 8.12), původní záměr byl kola odlít taktéž ze sádry, ale ukázalo se, že model je příliš těžký a sádra by váhu neudržela.



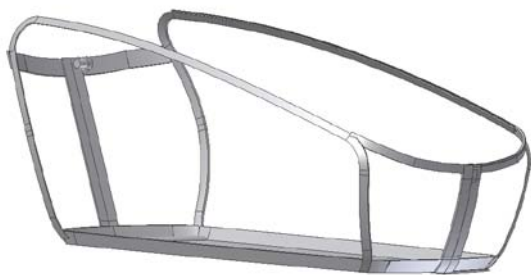
Obr. 8.11 Frézování na 3D frézce



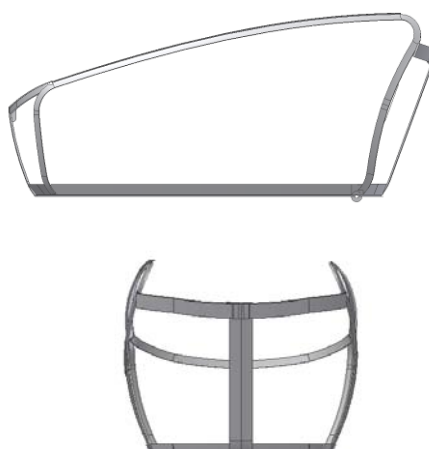
Obr. 8.12 Forma s epoxidem

9. Konstrukční řešení

Nosná konstrukce vozíku (obr. 9.1 a 9.2) je z oceli. Nosnými prvky jsou ocelové pásy o rozměrech 30 x 5 mm, spoje mezi jednotlivými díly těchto nosníků jsou provedeny svařem. Základnu celé konstrukce tvoří 4 profily, které tvoří dno vozíku. Na přední profil je připevněná tažná oj, ze zadního vychází podpora pantu víka. Celý tento rám je zalit v laminátu (případně jiném plastu), aby nenarušoval vzhled vozíku, a zároveň slouží jako výztuha laminátového obalu. Laminát tvoří pevnou skořepinu, která má ochránit materiál uvnitř vozíku před nepřízní počasí i před krádeží. Další ochranou je proti vykradení je zámek, který uzamkne víko ke spodní části vozíku.



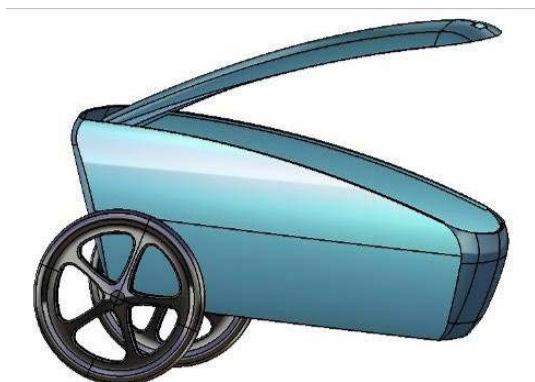
Obr. 9.1 Nosná konstrukce –
šikmý pohled



Obr. 9.2 Nosná konstrukce -
pohled z boku a zezadu

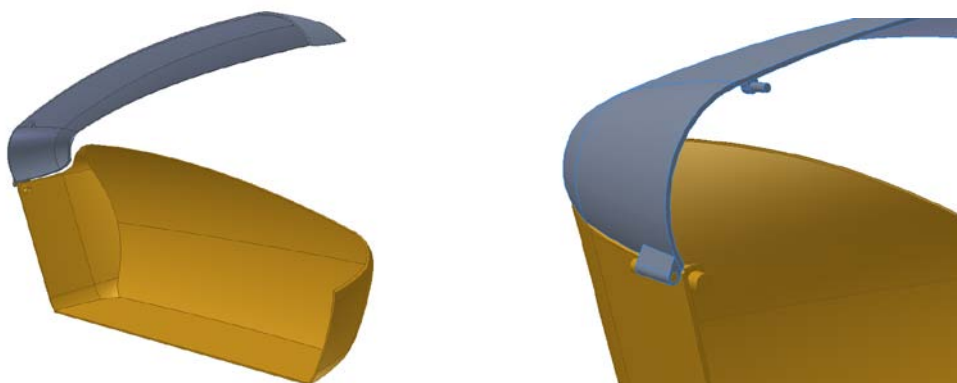
9.1 Otevírání vozíku

První verzí bylo otvírání, kdy osa otáčení je umístěna před koncem vozíku a část víka se otevírá směrem dovnitř (obr. 9.3). Tento systém však nevyhovoval z důvodů příliš složitého mechanismu otevírání, který zabíral příliš mnoho místa uvnitř vozíku a obtížného těsnění v přechodové oblasti spoje.



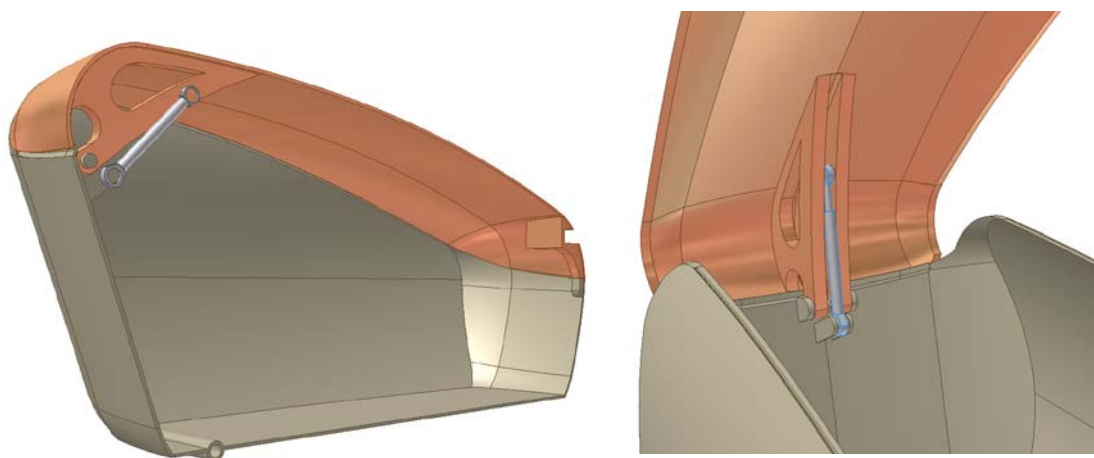
Obr. 9.3 Otevírání „dovnitř“

Další variantou bylo víko vozíku s pantem umístěným vně. Pant poskytuje nejlepší vlastnosti otvírání, je zde možnost otevřít víko až o 180°. Také ale narušuje vnější vzhled vozíku. Na čepy umístěné na víku zespod (obr. 9.4) bylo plánováno umístění plynové vzpěry, která by zajistila víko v otevřené poloze.



Obr. 9.4 Otvírání s pantem vně

Konečnou variantou je otvírání vozíku pomocí pantu umístěného uvnitř (9.5). Tato možnost sice nedovoluje otevření víka až do rozsahu předchozího řešení, zato nikterak nenarušuje vnější vzhled. Ramena víka, která jsou připojena k čepu, slouží zároveň jako výztuhy. Mezi rameny je umístěna plynová vzpěra, která se tak stane skoro neviditelnou. Plynová vzpěra je otočně uchycena ke stěně spodní části, její druhý konec je otočně uchycen ke spodní straně víka a stabilizuje víko v otevřené poloze.

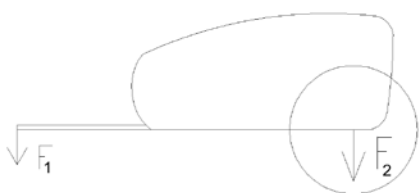


Obr. 9.5 Otvírání s pantem uvnitř a plynovou vzpěrou

10. Pevnostní výpočty

10.1 Pevnostní kontrola osy

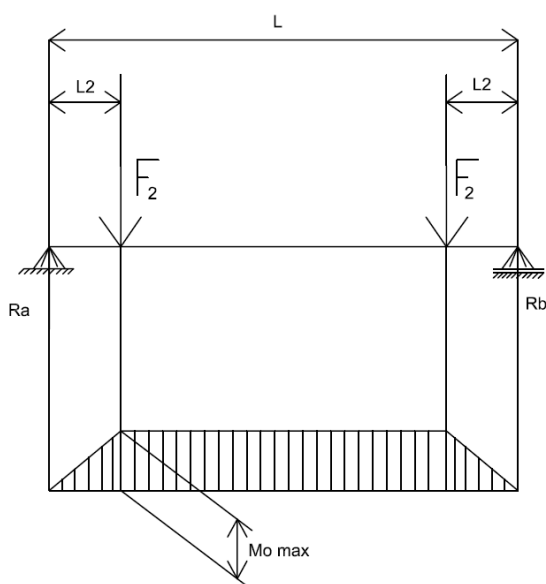
Hlavní nosnou částí podvozku vozíku je průběžná pevná osa, na kterou jsou otočně uložena kola. Osa se opírá o vyztužené dno vozíku ve dvou místech (působí síly F_2 v obr. 10.2) a přenáší tak zatížení na obě kola.



Obr. 10.1 Rozložení síly

Síla F je dána zatížením vozíku, kdy počítám s nosností vozíku 50 kg. Předpokládám, že z toho asi 4/5 zatížení nese osa kol (síla F_2), zbylá 1/5 je přenesena na tažnou oj do rámu kola (síla F_1). Materiál osy 14 220.2 s mezí kluzu $R_e = 600 \text{ MPa}$, kontrolováno na ohyb.

Výpočet reakcí:



Obr. 10.2 Schéma působení síly a ohybového momentu

$$F = 400 \text{ N}$$

$$R_a * l - \frac{F}{2} * l - l_1 = 0 \quad (10.1)$$

$$R_a * 800 - \frac{400}{2} * (800 - 100) = 0$$

$$R_a + R_b = 2 * \frac{F}{2}$$

$$R_a = 200 \text{ N}$$

$$R_b = 2 * \frac{F}{2} - R_a$$

$$R_b = 200 \text{ N}$$

$$M_o = R_a * 100 = \quad (10.2)$$

$$= 200 * 100 = 20\,000 \text{ N} * \text{mm}$$

Ohybové napětí

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{20000}{98,17477} = 203,718 \text{ MPa} \quad (10.3)$$

kde modul odporu průřezu v ohybu je

$$W_o = \frac{\pi * d^3}{32} = \frac{\pi * 10^3}{32} = 98,174 \text{ mm}^3 \quad (10.4)$$

Výpočet bezpečnosti:

$$k_s = \frac{Re}{\sigma_o} = \frac{600}{203,718} = 2,945 \quad (10.5)$$

Bezpečnost osy na ohyb vyšla 2,945, proto osa **vyhovuje**.

10.2 Výpočet ložisek kol

Podle průměru osy jsem z katalogu firmy SKF zvolil ložiskovou klec s jehlovými elementy (obr. 10.3). Ložisko jsem vybral **K 10x16x12 TN** (tab. 10.1), u něhož jsem kontroloval trvanlivost.

Tabulka 10.1 Parametry zvoleného ložiska

Rozměry			Základní zatížení		Únavové zatížení	Rychlosti		Váha	Označení
			Dynamické	Statické		Referenční rychlost	Limitní rychlost		
F _w	E _w	U	C	C ₀	P _u				
mm			kN		kN	Ot./min		kg	-
10	16	12	7,65	7,2	0,85	28000	32000	0,0055	K 10x16x12 TN

Ekvivalentní zatížení ložiska, kde F_r je radiální a F_a axiální zatížení:

$$P = F_r * X + F_a * Y \quad (10.6)$$

přičemž $F_a = 0$.

$$F_r = \frac{m}{2} * g = \frac{40}{2} * 9,81 = 162,2 \text{ N} \quad (10.7)$$

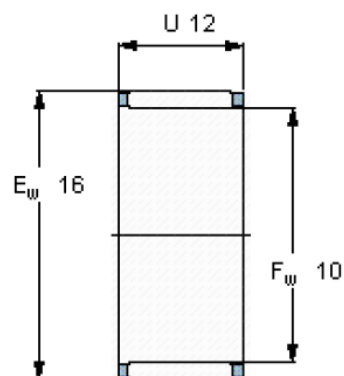
$$P = F_r * X = 162,2 * 1 = 162,2 \text{ N}$$

Trvanlivost ložiska

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{7\,650}{162,2}\right)^{\frac{10}{3}} * 10^6 = 379\,055 * 10^6 \text{ hod.} \quad (10.8)$$

Průměrná rychlost jízdy vozíku 15 km.h⁻¹ , tj. 4,166 m.s⁻¹, odpovídá otáčkám n vypočítaným z obvodu kola o (průměr kola 16 ′′):

$$o = \pi * d = \pi * 406,4 = 1276,7 \text{ mm} \quad (10.9)$$



Obr. 10.3 Schéma ložiska

$$n = \frac{v}{o} = \frac{4,166}{1,2767} = 3,2631 \frac{ot}{s} = 195,8 \text{ ot/min} \quad (10.10)$$

Trvanlivost ložiska vzhledem k provozním otáčkám

$$L = \frac{376\,055 * 10^6}{195,8 * 60} = 32 * 10^6 \text{ hod.} \quad (10.11)$$

Dle výpočtů zvolená ložisková klec k 10x16x12 TN vydrží 32 000 000 hodin což je více než dostačující, proto **vyhovuje**.

11. Závěr

Úvod této bakalářské práce je věnován současnému trhu s vozíky. Zabývá se jejich rozdělením podle počtu stop a podle způsobu užití. Dále se práce zabývá porovnáním jednotlivých vozíků dostupných na evropském trhu. Snaží se podat informace o konstrukčním řešení, velikosti, nosnosti, doplňcích a poukázat na jejich výhody a nevýhody. Z poznatků vyplynulo, že v současnosti je trendem vyrábět vozíky s trubkovou konstrukcí, která je lehce složitelná, avšak neposkytuje dostatečnou ochranu přepravovanému materiálu.

Dále se práce zaměřuje na využití nákladního prostoru a uchycení přívěsného vozíku. Pro zjištění objemu prostoru se uvažovalo s věcmi potřebnými pro vícedenní cyklistický výlet. Na příkladu je znázorněno jedno z možných řešení využití prostoru. Z tohoto uspořádání se vycházelo při stanovení základních rozměrů. Uchycení vozíku je možné ke třem místům na kole. A to k sedlové tyči, zadní vidlici jízdního kola, nebo ke speciálnímu adaptéru, který se umísťuje na nosič kola. Byla vybrána varianta uchycení k zadní vidlici kola, jelikož toto připojení se zdá být nejvhodnějším při uvažovaném použití vozíku.

Při navrhování jednotlivých variant řešení se vždy vycházelo z nedostatků předchozí varianty, které se snažily být odstraněny. První řešení bylo inspirováno legendárním vozíkem za motocykl JAWA PAV-40. Postupným navrhováním docházelo ke zjednodušování tvaru vozíku. Konečná verze je složena z křivek, které jsou poskládány pouze z oblouků.

V další kapitole jsou uvedeny vizualizace vytvořené v programech Rhinoceros 4.0, CATIA 5 a Autodesk Inventor 2010. První návrh byl proveden v grafickém programu Rhinoceros 4.0, ze kterého se dále exportovaly křivky přes formát souboru IGS do ostatních programů. Pro renderování byl použit modul V-Ray. Současně byl tvořen reálný model, který v konečné fázi představoval sádrový odlitek.

Při výběru materiálu na konstrukci vozíku byly zvoleny profily 30 x 5 mm z oceli 14 220, která má zaručenou svařitelnost potřebnou ke spojení jednotlivých částí konstrukce. Celá konstrukce je určena k laminování. Laminát vytvoří pevný obal, jenž je hlavním ochranným prvkem vozíku. Ochranou proti vykradení vozíku je zámek umístěn

v jeho přední části, který při uzamčení pevně spojí víko se spodní částí vozíku. Dále je v kapitole návrh otevírání přívěsu. To je vyřešeno pomocí čepu umístěného v nejzazší části přepravního prostoru. Čep tvoří střed otáčení pro víko. K otevírání napomáhá plynová vzpěra umístěná mezi rameny víka.

Ve výpočtové části byla provedena kontrola osy kol vozíku na ohyb a výpočet trvanlivosti vybraného ložiska. Pro uložení byla zvolena ložisková klec firmy SKF s jehlovými valivými elementy.

Cílem práce bylo navrhnout vozík za kolo. Provést rešerši v oblasti přívěsů za kolo, jejich parametrů a konstrukčních řešení. Vytvořit návrh minimálně 3 variant a vybrat z nich tu nejlepší. Provést základní pevnostní výpočty. A vytvořit vizualizace. Jejich splnění bylo popsáno v předchozích odstavcích.



12. Seznam použité literatury

- (1) Leinveber, J., Vávra, P.: *Strojnické tabulky – třetí doplněné vydání*. Albra Úvaly, 2006. ISBN 80-7361-033-7
- (2) Drastík, F.: *Technické kreslení podle mezinárodních norem*. Montanex, 1994. ISBN 80-85780-10-0

Použité Internetové odkazy

- (1) <http://www.detskevoziky.com/>
- (2) <http://www.izviratka.cz/>
- (3) <http://www.kursport.cz/>
- (4) <http://www.profi-kola.cz/>
- (5) <http://jizdni-kola.online-sport.cz/>
- (6) <http://www.weber-products.de/>
- (7) <http://www.velosport.cz/>
- (8) <http://www.emimino.cz>
- (9) <http://www.abcsport.cz/>

Použité grafické programy

- (1) Autodesk Inventor 2010
- (2) Rhinoceros 4.0, renderovací modul V-RAY
- (3) CATIA 5

13. Seznam příloh

Výkres sestavení PŘÍVĚSNÝ VOZÍK č.v. SB3-KSD01-01